

利用寄主干扰效应防控小菜蛾田间种群的有效性

黄 斌, 侯有明*

(福建农林大学植物保护学院, 福建省昆虫生态重点实验室, 农业部闽台作物有害生物综合治理重点实验室, 福州 350002)

摘要:【目的】多寄主对植食性昆虫寄主选择行为具干扰效应。为探究在田间相似寄主混作是否能引起小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 在寄主上的选择困难, 减少在寄主上的产卵量, 从而实现保护寄主植物的目标。【方法】本研究利用小菜蛾喜好性高的两种寄主(菜心 *Brassica campestris* L. 和芥菜 *B. juncea* Coss) 为试验对象, 通过寄主植物单作、混作及不同配比与间隔种植等田间试验设计, 研究了多寄主对小菜蛾寄主选择行为的干扰效应。【结果】在 2 年的田间试验中, 两寄主混作处理上的虫量均低于单一寄主种植; 2012 年田间种群生命表数据显示, 两种寄主田间混作处理上的小菜蛾种群趋势指数 ($I = 4.797$) 低于单一寄主种植, 菜心与芥菜单一种植处理上的 I 值分别为 6.549 与 6.858; 当菜心与芥菜这两种小菜蛾喜好性相近寄主同时存在时, 对小菜蛾的干扰程度与两寄主的搭配比例有关, 随着菜心所占比重的增大, 田间虫量呈现先减后增的抛物线变化趋势; 但两寄主间距在 2 m 内时, 不同种植间隔对小菜蛾虫量变化无差异 ($F_{3,8} = 0.204, P > 0.05$)。【结论】结果表明, 在田间多寄主种植中, 除了可利用陷阱作物来防控小菜蛾外, 在相邻两畦地间以适当比例同时种植两种小菜蛾喜好性相近的寄主, 利用两种寄主植物对植食性昆虫的寄主选择行为产生的干扰效应, 也能有效影响田间小菜蛾的种群动态。

关键词: 小菜蛾; 寄主干扰; 寄主选择; 种群趋势增长指数; 单作; 混作

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2014)04-0460-06

Feasibility of controlling field populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), via host interference

HUANG Bin, HOU You-Ming* (Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Fujian-Taiwan, Ministry of Agriculture, Fujian Provincial Key Laboratory of Insect Ecology, College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: 【Aim】Herbivorous insects may have difficulty in decision-making relative to selection of hosts for food and oviposition sites in the presence of multiple suitable hosts. Such potential interference with host selection may affect population dynamics. The objective of this study was to test the hypothesis that mixed populations of similar hosts would suppress population densities of the diamondback moth (DBM), *Plutella xylostella* (L.). 【Methods】A randomized complete block (RCB) experimental design with 3 treatments was established in a field naturally infested with DBM. Treatments included mixed cultivation of *Brassica campestris* L. and *B. juncea* Coss, both of which are favorable hosts for DBM, and monocultures of either host. Moreover, mixed cultivation with different ratios of *B. campestris* to *B. juncea* and different intervals between the two hosts were established in the field also naturally infested with DBM. 【Results】The population densities of DBM in mixed cultivation were significantly lower than densities on monocultures of either host ($F_{2,7} = 14.409$ and 6.400 in 2010 and 2012, respectively, $P < 0.05$). A population life table in 2012 yielded the population trend indexes (I) for DBM on *B. campestris* ($I = 6.549$) or *B. juncea* ($I = 6.858$) that were greater than the values on mixtures of the two hosts ($I = 4.797$). With *B. campestris* density increasing, the population densities of DBM first decreased and then increased. No differences were observed among population densities on hosts in mixtures at different intervals within 2 m ($F_{3,8} = 0.204, P > 0.05$). 【Conclusion】Population densities of DBM are lower on mixtures of favorable hosts, which is consistent with the hypothesis that in

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(31230061); 公益性行业(农业)科研专项(201103021); “十二五”农村领域国家科技计划课题(2012BAD19B06); 福建省自然科学基金项目(2013J01086)

作者简介: 黄斌, 男, 1973 年生, 上海人, 硕士, 讲师, 研究方向为害虫生态控制, E-mail: huangbin07@sohu.com

* 通讯作者 Corresponding authors, E-mail: ymhou@fafu.edu.cn

收稿日期 Received: 2013-12-12; 接受日期 Accepted: 2014-03-31

such situations the ability of insects to select a host is diminished. This phenomenon may have application value for management of DBM.

Key words: *Plutella xylostella*; host interference; host selection; population trend index; monoculture; mixed cultivation

生态学原理和研究成果表明,人类可以通过采取适当的措施来恢复和强化农田生物多样性,提高天敌的控制潜能,减少害虫发生的可能性(尤民生等,2004)。采用合理的耕作制度和栽培措施,保护和强化农田生物多样性,恢复和重组农田生态系统的动态平衡,有利于农业害虫的生态控制和综合治理(Altieri, 1994)。

多寄主种植体系中,当多数的植食性昆虫暴露在各种食物刺激下时会面临着权衡取舍的问题(Janz and Nylin, 1997; Bernays, 2001)。在景观破碎的生境中,木斑蝶 *Pararge aegeria* L. 的飞行活动会增加从而影响到生殖(Gibbs and Van Dyck, 2010)。同样,烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)在多个寄主植物同时存在时会产生混淆,发生选择困难,增加了烟粉虱的运动,从而减少了其取食时间和降低了繁殖能力(Bernays, 1999)。而且烟粉虱的这种寄主选择上的困难发生在喜好性偏低的寄主间,在寄主间差异度小时,表现为个体活动性增加产卵量下降(Bird and Krüger, 2006)。这表明,寄主植物个体间相似的形态、气味等,会引起植食性昆虫的行为的混淆(Fox and Lalonde, 1993; Larsson and Ekblom, 1995)。信息处理(information-processing)假说认为由于昆虫神经系统对信息处理能力的制约,昆虫在区别两相近的寄主时要花上更多时间对植物种类进行区分和评估,而且雌性个体要付出较大的成本(Courtney, 1983; Futuyama, 1983; Fox and Lalonde, 1993; Gibbs and Van Dyck, 2010)。

小菜蛾在多寄主环境中,也会发生起飞频次增加,产卵量相应减少的现象(Huang and Hou, 2011)。因此,可以预计,在田间混植小菜蛾喜好度接近的不同寄主来干扰小菜蛾的寄主选择,能够达到减少小菜蛾田间种群数量和危害的目的。

本研究目的就是基于多寄主对植食性昆虫寄主选择行为的干扰效应,来评估两种不同寄主在田间混作时,可否引起小菜蛾在寄主选择上的困难,从而减少在寄主上的产卵量;同时分析两寄主间的不同配比与间隔对于干扰效能的影响程度。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验地设在福建省建瓯市,选择小菜蛾喜好的菜心 *Brassica campestris* L. (50 d 的绿菜心,福州永荣种子有限公司)与芥菜 *B. juncea* Coss (福州宽杆芥菜,福州永荣种子有限公司)作为试验用的寄主植物。试验地播种前施用绿屯有机肥(福建圣农集团物工程公司)0.375 kg/m²,整个蔬菜生长周期中不使用任何农药。

1.2 寄主干扰效应对田间小菜蛾种群的影响试验

1.2.1 试验小区设计:试验设夏秋两季,分别于2010年10-11月与2012年5-6月,在两块不同菜地中进行,每次试验面积约3 300 m²。试验地划为10个小区,随机区组设置,每个小区内设有4畦地,不同小区间设1 m的间隔,整个试验地与其他大面积种植十字花科蔬菜地块相对隔开(2010试验中以竹林分隔,2012年试验中以山林分隔)。

试验共设菜心单植、芥菜单植、菜心与芥菜混植等3种不同处理,每种处理设3~4个重复(2010年混合处理设4个重复,2012年菜心处理设4个重复,其他均为3个重复)。

1.2.2 调查方法:(1)田间系统调查:于播种后20 d开始取样,每隔1 d取样一次,持续取6次。因为小菜蛾卵、各龄幼虫和蛹空间分布格局主要符合负二项分布,个别田块也符合核心分布与复合泊松分布,所以在每个小区采用“Z”字型10点取样(庞保平等,1999),每点取两株,混作地每点菜心、芥菜各取1株。记载样本中小菜蛾卵、各龄期幼虫以及蛹的活虫数和死虫数。6次调查的平均值作为每个小区的虫量。

(2)室内辅助试验:收集田间不同寄主上的小菜蛾,置于室内饲养,待蛹羽化后统计蛹羽化率、性比,雌雄配对后将交配后的雌虫分别置于菜心单植、芥菜单植、菜心与芥菜混植3种不同环境中,观察统计产卵量(设30头重复)。

1.2.3 生命表的组建:2012年5-6月田间调查数据,根据Berryman(1968)方法组建生命表,从而求得种群增长指数(*I*)。

$$I = S_E \times S_{L1} \times S_{L2} \cdots S_P \times S_A \times P_{\varphi} \times F \times P_F$$

其中: $S_E, \cdots, S_A$ 分别为卵、各龄幼虫、蛹、成虫的存活率; P_{φ} = 雌虫比率; F = 最大产卵量; P_F = 平均产卵量/最大产卵量。

1.3 两寄主不同配比种植对田间小菜蛾种群的影响试验

1.3.1 试验小区设计: 试验于 2012 年 7 月与 11 月间进行。播种后覆盖防虫网拱棚, 播种 10 d 后撤防虫网拱棚, 自然接虫。

试验地中菜心与芥菜分别以 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 和 5:1 等 5 种不同配比种植, 每种种植配比设 3 次重复, 小区随机区组设置。

1.3.2 调查方法: 播种后 25 d 开始取样, 隔 1 d 取样 1 次, 持续取 3 次, 取 3 次平均值。每个小区“Z”字型 10 点取样, 每点取一株(随机), 统计样本上小菜蛾虫量, 分析菜心与芥菜两种寄主的种植比例与小菜蛾田间种群数量间的关系。

1.4 两种寄主间的不同间距对小菜蛾成虫的干扰效能试验

1.4.1 试验小区设计: 在田间设置 3 m 长的试验小区, 不同小区间间隔 1.5 m, 上覆防虫网拱棚, 棚高 60 cm, 按两寄主间 0(混作), 0.8, 1.6 和 2.0 m 间距, 分别在棚内两端种植菜心与芥菜各 20 株, 其余部位土地裸露。每一间距处理设 3 次重复。

为确保拱棚中没有外来小菜蛾, 在菜苗移植后喷一次 Bt, 后覆盖防虫网, 间隔 15 d 后接虫, 接虫时在拱棚中部开孔放入刚羽化未产卵的小菜蛾成虫 10 对, 后封闭中部开孔以防止外部虫源进入与释放虫跑出, 保证设施的相对独立性。

1.4.2 调查方法: 接虫 5 d 后打开防虫网, 分别采收各 20 株的菜心与芥菜, 将其置于室内剥查虫数。统计植株上小菜蛾虫口总量, 分析两种寄主间不同种植间距对小菜蛾田间种群数量的影响。

1.5 数据处理

试验数据全部采用 SPSS 17.0(SPSS Inc.) 进行统计分析。不同处理间的虫口数量差异采用单因素方差分析和 Duncan 氏新复极差测验进行多重比较($\alpha = 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 寄主干扰效应对田间小菜蛾种群影响有效性

2.1.1 不同处理间虫量差异比较: 田间系统调查数

据表明(图 1), 不同年份、不同季节田间小菜蛾虫量变化较大, 2012 夏季田间虫量比 2010 年秋季田间虫量大, 但不同年份间都是菜心上的小菜蛾虫量最高, 混合处理上的小菜蛾虫量最低并显著低于菜心上虫量(2010 年, $F_{2,7} = 14.409, P < 0.05$; 2012 年, $F_{2,7} = 6.400, P < 0.05$), 芥菜上的小菜蛾虫量介于两者之间。

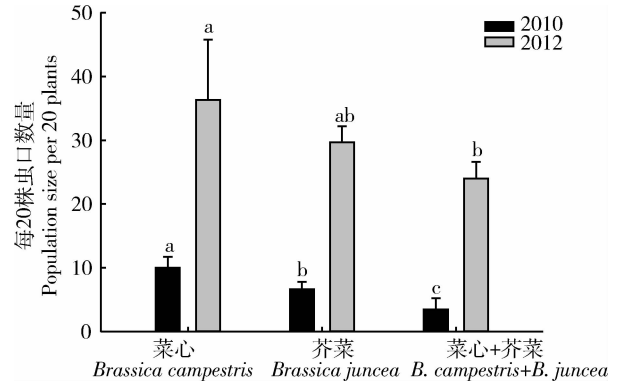


图 1 不同年份寄主植物单作和混作时小菜蛾的虫量
Fig. 1 Population size of *Plutella xylostella* on host plants in monoculture and mixed cultivation in different years

柱上不同字母表示同一年份不同处理间种群数量(平均值 ± 标准差)经 Duncan 氏比较存在显著差异($P < 0.05$)。Different lowercase letters above bars in the same year indicate significant differences in population size (mean ± SD) based on Duncan's test ($P < 0.05$).

2.1.2 不同处理间田间种群增长趋势比较: 根据田间系统调查数据和室内辅助试验结果, 组建小菜蛾田间自然种群生命表(表 1)。

以田间自然种群生命表的结果来看, 芥菜上小菜蛾种群的种群趋势指数(I)值最高, 菜心上小菜蛾种群的 I 值略低于芥菜种群, 而混合种植上的小菜蛾种群的 I 值比菜心上种群低了 26.8%, 比芥菜上低了 30.1%。表明菜心与芥菜都利于小菜蛾种群的增长, 而菜心与芥菜两寄主混合种植相对于菜心或芥菜单植能有效减少小菜蛾种群田间种群数量的增长。

2.2 两寄主不同配比种植对田间小菜蛾种群的影响

2012 年 7 月与 11 月的结果表明, 当菜心与芥菜以不同比例搭配混种时, 不同配比田块间小菜蛾虫量存在差异(2012 年 7 月, $F_{4,10} = 2.615, P < 0.05$; 2012 年 11 月, $F_{4,10} = 6.075, P < 0.05$), 并与两寄主间的比例有关, 随着菜心所占比重的增大, 田间虫量呈现先减后增的抛物线变化, 当寄主比例接近 1:1 时田间虫量最小(图 2)。

表 1 2012 年小菜蛾田间不同寄主上的自然种群生命表(福建建瓯,2012.5 –2012.6)
Table 1 Life table of natural population of *Plutella xylostella* on different hosts in 2012
(Jian'ou, Fujian, 2011.5 –2011.6)

发育阶段 Developmental stage	存活率 Survival rate		
	菜心 <i>B. campestris</i>	芥菜 <i>B. juncea</i>	混合种群 <i>B. campestris</i> + <i>B. juncea</i>
卵 Egg	0.75	0.87	0.59
1 龄幼虫 1st instar larva	0.79	0.85	0.88
2 龄幼虫 2nd instar larva	0.76	0.79	0.86
3 龄幼虫 3rd instar larva	0.68	0.88	1.00
4 龄幼虫 4th instar larva	0.47	0.38	0.42
蛹 Pupa	0.60	0.68	0.57
成虫期参数 Parameters of adults ($P_{\text{♀}} \times F \times P_F$)	76.34	52.50	45.58
种群趋势指数 (<i>I</i>) Population trend index	6.549	6.858	4.797

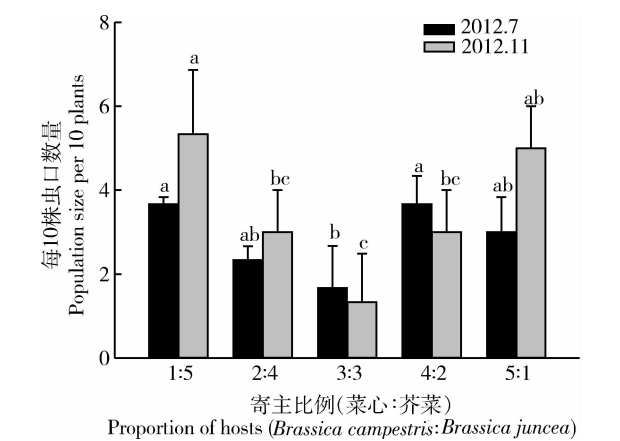


图 2 两寄主不同配比种植对田间小菜蛾种群的影响
Fig. 2 Effect of two hosts at different planting proportions
on *Plutella xylostella* population

柱上不同小写字母表示同一月份不同处理间的小菜蛾田间种群数量(平均值±标准差)经 Duncan 氏比较存在显著差异 ($P < 0.05$)。Different lowercase letters above bars indicate significant differences in population size (mean ± SD) among different treatments in the same month based on Duncan's test ($P < 0.05$).

2.3 两种寄主间不同间距对小菜蛾成虫的干扰效能
田间两寄主间不同种植间距试验结果表明(图 3),在 2 m 内,菜心与芥菜两种寄主不同间距种植,田间小菜蛾虫量没有差异($F_{3,8} = 0.204, P > 0.05$),说明在 0 ~ 2 m 间距中,菜心与芥菜间作对小菜蛾的寄主选择行为都能产生相似的干扰效果。

3 讨论

相比菜心或芥菜单作地,混合种植田中小菜蛾虫量减少,这一结果与 Gold 等(1990)报道的不同木薯品种间作,导致温室粉虱整体数量减少 60% 的结果类似。田间生命表数据表明,混作地

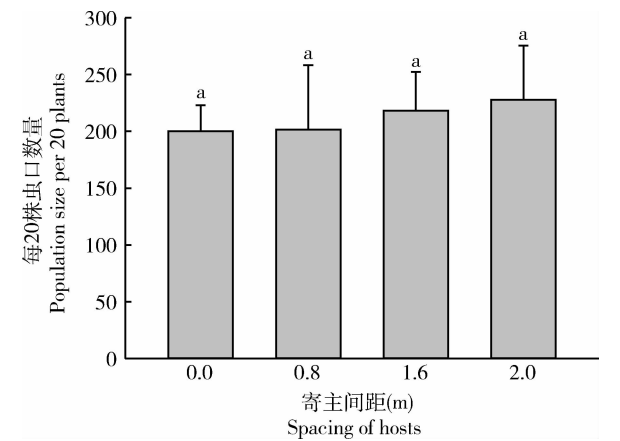


图 3 两寄主不同间距种植对田间小菜蛾种群的影响
Fig. 3 Effect of two hosts with different planting spacing
on *Plutella xylostella* population

柱上不同小写字母表示不同处理间的小菜蛾田间种群数量(平均值±标准差)经 Duncan 氏比较存在显著差异 ($P < 0.05$)。Different lowercase letters above bars indicate significant differences in population size (mean ± SD) among different treatments in the same month based on Duncan's test ($P < 0.05$).

里小菜蛾虫口数量的降低与混作地里小菜蛾种群趋势指数(*I*)低有关。前人的研究表明,寄主植物个体的相似性会引起了植食性昆虫寄主选择行为的混乱(Levins and MacArthur, 1969; Larsson and Ekbohm, 1995; Bernays, 1999),信息处理假说认为,昆虫要在两相近寄主间找到最适寄主,就要比对大量的信息,而受昆虫自身神经系统的限制,昆虫处理这些大量信息的能力有限,会导致昆虫在个体水平上的决策困难,决策所需的时间与决策所得出的质量都会受到影响(Bernays, 1996; Janz and Nylin, 1997)。所以当相似寄主同时存在时,昆虫就要花费大量的时间在不同寄主上移动,来比较大量信息,这一过程要消耗大量的能量(Bernays,

2001)。本研究中选用的两种不同寄主分别为菜心与芥菜,两者同属十字花科(Cruciferae)芸苔属 *Brassica*,小菜蛾对两者的喜好度相近,虽然菜心上的小菜蛾虫口数比芥菜上的高,但两者间并没有显著性差异(喻国泉等,1998)。差异度小的寄主同时存在会引发植食性昆虫在寄主选择上产生困难(Bird and Krüger, 2006),所以混作地里小菜蛾虫口数量比单作地少。但寄主选择困难与种群下降的生理机制还有待进一步深入探讨。

田间两寄主不同配比试验说明,当小菜蛾面临喜好性相近的两不同寄主时,其寄主选择行为受到干扰的程度与两寄主间的比例关系有关,当两寄主比例相近时,田间虫量最小。这可能与两寄主比例相近的混作体系的混杂度最大,小菜蛾受到的干扰也最大有关。这一结果表明,在田间,要使寄主干扰作用最为有效,除选用小菜蛾喜好性相近的寄主外,在种植数量上还有一定比例要求。

喻国泉等(1998)在芥蓝田中分别以2.5,5.0和10 m 间距种植芥菜作为陷阱作物防控小菜蛾,3种套作方式中芥蓝上的卵密度差异不显著,说明3种方式都能起到有效控制效果。在本研究中,我们将菜心与芥菜间分别以0,0.8,1.6和2.0 m 间距间作,结果不同间作间距田间小菜蛾虫量差异不显著,表明在相邻的两畦地间,实行两寄主间作就能达到预期效果。但在本研究中由于试验设计局限没有进一步明确两寄主间最大有效种植间距。

田间多寄主种植防控害虫原先多认为是陷阱作物在起作用,利用陷阱作物已被证明对众多的甘蓝害虫包括小菜蛾在内具有潜在的控制能力(Luther *et al.*, 1996; Mitchell *et al.*, 2000; Asman, 2002; Shelton and Nault, 2004)。陷阱种植的成功被认为是利用了植食性昆虫对不同寄主喜好性上的差异(Banks and Ekbom, 1999; Tillman and Mullinix, 2004; Hannunen, 2005),以牺牲小菜蛾喜好性高的寄主来达到保护小菜蛾喜好性低的寄主的目的。本研究的结果表明,田间多寄主种植,除了可利用陷阱作物来防控小菜蛾外,同时种植两种小菜蛾喜好性相近的寄主,利用植食性昆虫在同时面对两种喜好性相近寄主时产生的寄主选择上的决策困难,从而干扰了植食性昆虫的寄主选择行为,也能有效影响田间小菜蛾的种群动态,为小菜蛾的综合防控提供了一种新的思路。受2010年以来福建省田间小菜蛾虫量总体偏低的影响,试验结果中虫量较小,后续研究中我们将在田

间虫量较高时补充相关试验。

参考文献 (References)

- Altieri MA, 1994. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. Haworth Press, New York. 185 pp.
- Asman K, 2002. Trap cropping effect on oviposition behaviour of the leek moth *Acrolepiopsis assectella* and the diamondback moth *Plutella xylostella*. *Entomol. Exp. Appl.*, 105: 153–164.
- Banks JE, Ekbom B, 1999. Modelling herbivore movement and colonization: pest management potential of intercropping and trap cropping. *Agric. Forest Entomol.*, 1: 165–170.
- Bernays EA, 1996. Selective attention and host-plant specialization. *Entomol. Exp. Appl.*, 80: 125–131.
- Bernays EA, 1999. When host choice is a problem for a generalist herbivore: experiments with the whitefly *Bemisia tabaci*. *Ecol. Entomol.*, 24: 260–267.
- Bernays EA, 2001. Neural limitations in phytophagous insects: implications for diet breadth and evolution of host affiliation. *Annu. Rev. Entomol.*, 46: 703–727.
- Bird TL, Krüger K, 2006. Response of the polyphagous whitefly *Bemisia tabaci* B-biotype (Hemiptera: Aleyrodidae) to crop diversification – influence of multiple sensory stimuli on activity and fecundity. *Bull. Entomol. Res.*, 96: 15–23.
- Courtney SP, 1983. Models of host-plant location by butterflies: the effect of search images and searching efficiency. *Oecologia*, 59: 317–321.
- Fox CW, Lalonde RG, 1993. Host confusion and the evolution of insect diet breadths. *Oikos*, 67: 577–581.
- Futuyama DJ, 1983. Selective factors in the evolution of host choice by phytophagous insects. In: Ahmad S ed. *Herbivorous Insects: Host-Seeking Behavior and Mechanisms*. Academic Press, New York. 227–244.
- Gibbs M, Van Dyck H, 2010. Butterfly flight activity affects reproductive performance and longevity relative to landscape structure. *Oecologia*, 163: 341–350.
- Gold CS, Altieri MA, Bellotti AC, 1990. Direct and residual effects of short duration intercrops on the cassava whiteflies *Aleurotrachelus socialis* and *Trialeurodes variabilis* (Homoptera: Aleyrodidae) in Colombia. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 32: 57–67.
- Hannunen S, 2005. Modelling the interplay between pest movement and the physical design of trap crop systems. *Agric. Forest Entomol.*, 7: 11–20.
- Huang B, Hou YM, 2011. Host selection behavior and the fecundity of diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) on multi-host plant. In: *Proceedings of the Sixth International Workshop on Management of the Diamondback Moth and Other Crucifer Insect Pests*, AVRDC, Thailand. 19.
- Janz N, Nylin S, 1997. The role of female search behaviour in determining host plant range in plant feeding insects: a test of the information processing hypothesis. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 264: 701–707.
- Larsson S, Ekbom B, 1995. Oviposition mistakes in herbivorous insects:

confusion or a step towards a new host plant? *Oikos*, 72: 155 – 160.

Levins R, MacArthur R, 1969. An hypothesis to explain the incidence of monophagy. *Ecology*, 50: 910 – 911.

Luther GC, Valenzuela HR, Defrank J, 1996. Impact of cruciferous trap crops on lepidopteran pests of cabbage in Hawaii. *Environ. Entomol.*, 25: 39 – 47.

Mitchell ER, Hu G, Johanowicz D, 2000. Management of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in cabbage using collard as a trap crop. *HortScience*, 35: 875 – 879.

Pang BP, Xing L, Wang ZP, Ren YQ, Yan HM, 1999. Diamondback spatial distribution pattern and sampling technique. *Chinese Journal of Inner Mongolia Agricultural Science and Technology*, (6): 12 – 14. [庞保平, 邢莉, 王振平, 任裕佳, 杨海明, 1999. 小菜蛾空间分布格局及抽样技术的研究. 内蒙古农业科技, (6): 12 – 14]

Shelton AM, Nault BA, 2004. Dead-end trap cropping: a technique to improve management of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Prot.*, 23: 497 – 503.

Tillman PG, Mullinix BGJr, 2004. Grain sorghum as a trap crop for corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton. *Environ. Entomol.*, 33: 1371 – 1380.

You MS, Liu YF, Hou YM, 2004. Biodiversity and integrated pest management in agroecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 24(1): 117 – 122. [尤民生, 刘雨芳, 侯有明, 2004. 农田生物多样性与害虫综合治理. 生态学报, 24(1): 117 – 122]

Yu GQ, Wu WJ, Gu DJ, Zhang WQ, 1998. Preliminary studies on oviposition preference to host plants of diamondback moth, *Plutella xylostella* and its application. *Journal of South China Agricultural University*, 19(1): 61 – 64. [喻国泉, 吴伟坚, 古德就, 张维球, 1998. 小菜蛾产卵对寄主的选择性及其应用初步研究. 华南农业大学学报, 19(1): 61 – 64]

(责任编辑：袁德成)